

地球科學補充教材

1. 火山的活動和形態

石再添 黃朝恩

一、前言

無論高中、國中、國小，火山都是地球科學教科書或自然課本中的必備教學單元，其課程目標通常在於使學生了解火山及火山作用的定義、火山的構造和火山的噴發型式等，中等學校中則更加入了火山形態、火山分布及火山災害的概念。不過，在教學過程中，除了使學生認識火山的災害，也應該同時強調火山亦帶來了好些恩惠，譬如火山拋出物所形成的土壤，就十分的肥沃，印尼的爪哇島人口密度每平方公里超過五百人，成為世界上人口最稠密的地方之一，即歸功於島上的火山土。又如火山地帶的噴氣孔，常聚集有大量的硫黃，可供開採。此外，在火山區常有大量的熱能存在，經開發後可供發電、農藝和養魚。吾人亦知溫泉常分布在火山地區，可以發展旅遊與醫療事業。所以在講述火山的時候，不但要使學生知道火山的自然特性，也要強調火山對人類的相互關係，使學生明白火山的利弊，俾可增加學生適應和改造環境的知能，從而促進社會的繁榮和進步。下面分就火山的作用和火山的形態兩項提供一些教學上的補充教材，作為中、小學教師的參考。

二、火山的作用

火山的名稱起源於義大利文“Vulcano”，本為義大利利巴里群島（Lipari Islands）上的一個火山名，也是羅馬神話中火神名字—Vulcan—的語源，以後漸變為一普通名詞。狹義的火山作用即指地球內部的岩漿和氣體等衝破地殼的弱點而到達地表的各種活動——噴出作用（extrusion），但廣義的火山作用，可以包括岩漿上

升侵入地殼內的作用。火山作用所引起的現象，包括火山灰的噴出、熔岩的溢流、火山碎屑物的堆積、火山體的形成、噴火現象、噴氣作用、火山地震等等，通稱為火山活動（volcanic activity）。地球內部熔融的岩漿（magma）噴出地面時，就叫熔岩（lava）。其凝固所成的火成岩叫做火山岩（volcanic rocks）或噴出岩（extrusive rocks）。如果岩漿在地殼內部發生凝固所成的火成岩，則叫做深成岩（plutonic rocks）或侵入岩（intrusive rocks）。

一般熔岩的成分，依二氧化矽（ SiO_2 ）的含量區分為酸性、中性和基性三大類：酸性熔岩含二氧化矽百分之六十六以上，中性熔岩含二氧化矽百分之五十二至六十六，基性熔岩中含量則在百分之五十二以下。熔岩的成份雖然可以很相近，但沒有兩座火山噴發出來的熔岩是完全相同的。就是同一火山，每次噴出的熔岩也是常有變化。一般說來，在火山噴發史上，初期噴出的熔岩較具基性，漸漸變為中性，而在火山作用終止時多為酸性。但是也有火山在開始時就噴出酸性或中性熔岩的。表1為依二氧化矽含量及岩石形成環境兩要素劃分的火成岩分類表。

火山爆發時，除了有熔岩的溢流外，也常拋出大小不等的火山碎屑物（pyroclasts）及噴出高溫的火山氣體（volcanic gas）。火山碎屑物依其大小不同有火山塊、火山彈、火山礫、火山灰、火山塵、火山毛等不同名稱（參見表2），重量有的可達100噸以上。這些碎屑物質沈積在地表後，形成厚薄不同的層次，顆粒較小的經固結後形成凝灰岩（tuff），顆粒大的則形成

表1 主要的火成岩分類表

二氧化矽 (SiO ₂) 的量		66 %	52 %	45 %
顏 色		淡	中 間	濃
比 重		小 (2.6)	中 (2.8)	大 (3.0)
酸 鹼 性		酸 性 岩	中 性 岩	過 鹼 基 性 岩
火山岩 (淺成岩、斑狀組織)		流 紋 岩	安 山 岩	玄 武 岩
半 深 成 岩		石 英 斑 岩	玢 岩	輝 綠 岩
深成岩 (完晶、等粒狀組織)		花 崗 岩	閃 綠 岩	輝 長 岩
主 要 造 岩 礦 物	無 色 造 岩 礦 物	石 英	斜 長 石	→ 富 鈣
	有 色 造 岩 礦 物	正 長 石	富 鈉 →	橄 欖 石
其 他 的 造 岩 礦 物		黑 雲 母	角 閃 石	輝 石
			其 他	

表2 火山碎屑物之粒級分類

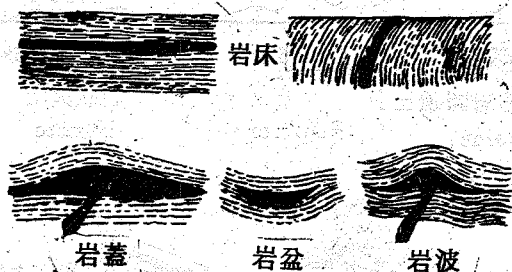
岩 型	未 固 結 碎 屑		固 結 火 山 岩
拋出時狀態 破片形狀 破片大小 (直徑, 公分)	固 體 或 半 固 體	流 動 體	
	無 一 定 形 狀	有 一 定 形 狀	
> 640	火山塊或火山巨礫 (volcanic blocks)	火 山 彈 (volcanic bomb)	火山集塊岩 (agglomerate)
64 ~ 20	火山角礫 (lapilli)	火 山 餅 (bread-crust bomb cow-dung bomb etc)	火山角礫岩 (volcanic breccia)
< 20	火 山 灰 (volcanic ash or dust)		角礫凝灰岩 (tuff-breccia)
			凝灰岩 (tuff)

集塊岩 (agglomerate)。至於火山氣體以水汽最多, 其他有二氧化碳、二氧化硫、鹽酸、硫化氫、氫、氮、氧等。

岩漿上升侵入地殼岩層內部凝固所成的侵入岩體, 依其大小和形狀有各種不同的名稱 (參見圖1)。規模最大的是岩基 (batholith), 面積在一百平方公里以上, 底部向下不斷擴大, 不見明確界限; 如果出露面積在一百平方公里以下,

則稱之為岩幹 (stock)。岩漿若順沿層面整合 (concordant) 侵入凝固所成的薄層岩體, 稱為岩床 (sill), 其延長和厚度之比如在下時, 則稱岩蓋 (laccolith), 常見底部平坦上部穹窿的形狀。如岩漿切穿層面, 非整合 (discordant) 侵入圍岩的裂隙中, 所成的岩體稱為岩脈 (dike), 寬度可自數公分至一百多公尺, 長度可自數公尺到一百公里左右。其他尚有如

(1)整合侵入岩體



(2)不整合侵入岩體

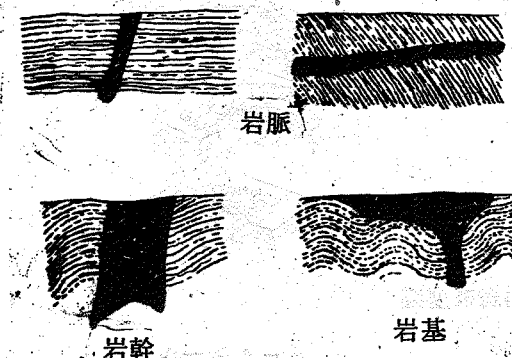


圖 1 火成岩的各種侵入岩體

皿狀或淺盆狀的岩盆 (lopolith)，及如凹凸透鏡般的岩波 (phacolith)，足見侵入岩體的形狀變化多端。

岩漿噴出地表的作用，稱為噴發 (eruption)。噴發的方式常視當地的地質情況或岩漿的物理特性而有差異。若依噴發強度，可分為下列各型：(A)穩靜 (噴發) 型 (quiet eruption)：鹽基性熔岩黏性小而流動性大，噴發時多依穩靜之噴溢 (effusion) 方式，噴出物幾全部為熔岩 (lava)，故少爆發活動，包括冰島式 (Icelandic type) 及夏威夷式 (Hawaiian type)，較強烈者有斯通波利式 (Strombolian type)。(B)中間型 (intermediate eruption)：穩靜型噴發頻繁，中間型則數十年作一次激烈的噴發，噴出物不但包括熔岩，亦包括火山碎屑物 (pyroclast)，平時只見冒煙，又稱混合式 (Gemischten Explosionen)。(C)爆裂 (噴發) 型 (explosive eruption)。若熔岩富含酸性物質，黏性大，火口易因熔岩凝

固而閉塞，表面上作長年累月休止狀態，其實暗蓄能量爆發於一旦，極少噴出熔岩流而伴大量氣體，噴出火山碎屑物；大量氣體可形成黑色花椰菜狀烏雲，能因熾熱物質之影響而散發白熱之光芒，稱為熱雲 (glowing cloud, nuees ardentes)。故此型特徵為千百年始作一次激烈甚且驚人的爆發，最易釀成重大災害。爆發以佛卡諾式 (Vulkanian type) 為常見，普林尼式 (Plinian type) 則係更激烈的一種爆發。此外有所謂佩麗式 (Peleian type)，其熔岩黏性雖高達數千億泊 ($\times 10^{11}$ poise)，惟亦因此而急速成為固結狀態，噴出時反而較為穩靜，造成塔狀火山，實為一種特異之爆裂型。若依噴發位置分，則有下列各種方式：(A)中心噴發 (central eruption)，(B)裂隙噴發 (fissure eruption) 或線狀噴發 (linear eruption)，(C)面狀噴發 (areal eruption)。中心噴發時，岩漿集中一處，經由一條中央管道噴出，常形成一座明顯的火山體。如果噴出物質以基性熔岩為主，火山形狀多屬台狀、盾狀，山側坡度稍緩；如果以酸性熔岩為主，火山形狀多屬塔狀、鐘狀，山側坡度較陡，但一般中性火山多呈錐狀，坡度介於前兩者之間。若熔岩或火山拋出物經由狹長的裂隙或裂隙群噴出，較易由裂隙向四方溢流，攤平於地表，形成熔岩平原，或陸續疊覆堆成熔岩高原。如美國西北部的哥倫比亞高原 (面積十三萬平方公里)、印度的德干高原 (五十萬平方公里) 和巴西、巴拉圭交界的巴拉那高原 (七十五萬平方公里)，都是世界著名的熔岩高原。

三、火山的形態

關於火山的形態，德國學者 K. Schneider 曾經分為台狀、盾狀、鐘狀、塔狀、錐狀、臼狀等多種類型 (圖 2)，前四者的山體大部或全部熔岩所構成，亦稱塊狀火山 (massive volcano)；後兩者是由熔岩和碎屑物相疊而成，總稱為成層火山 (stratified volcano, strato —

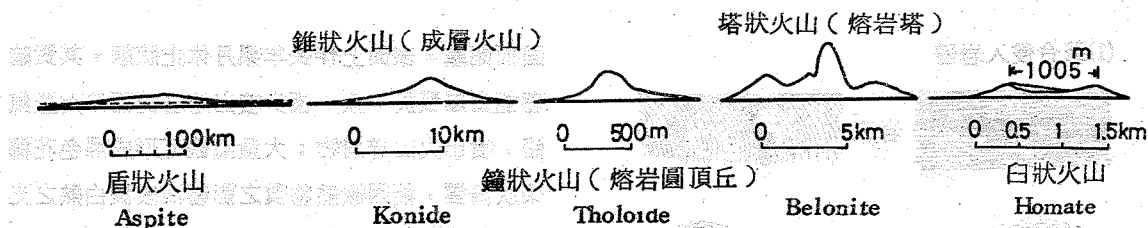


圖 2 火山的類型

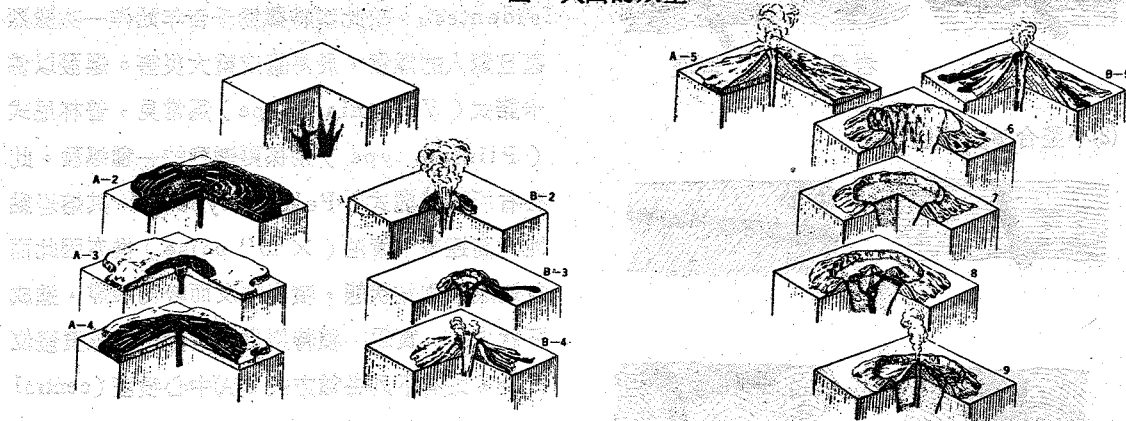


圖 3 各形火山構造模型圖

A-2 熔岩台地
B-4 火山碎屑丘
6 巨火山

A-4 盾狀火山
B-5 錐狀火山
8 二重火山

表 3 熔岩性質、噴火類型和火山形態的相互關係

熔 岩 性 質						噴 火 類 形	火 山 形 態	實 例	
化學成分	名稱	礦 物 成 分	比重	色	噴出時的溫度、黏度				
SiO ₂ %	玄武岩	富鈣 橄欖石	3.0	濃	℃ Poise	穩 靜 型 爆 發 型	熔岩台地	德干高原， 蓋馬台地。	澎 湖 火山群
50	安山岩	輝石 斜長石			1200		盾狀火山	Loa, Kea	草嶺山 大屯 火山群
52					$\times 10^3$		成 噴石丘	三原山	
60	安山岩	角閃石 石英、 正矽長石			$\times 10^6$		層	Stromboli	
66	安山英岩	黑雲母 富鈉			1000	佩麗型	火 熔岩穹丘	富士山	紗 帽 火山群
70	流紋岩		2.5	淡	$\times 10^{11}$		山 輕石丘	三宅島，櫻 島	
酸性							塔 (潛在 穹丘)	Vulcano， 淺濶山	基 隆 火山群
								Krakatoa， 盤梯山	
								Pelee， 昭和新山	
								(有株明治 新山)	

volcano, bedded volcano)。火山的形態和熔岩性質、噴發類型等密切相關，其關係可由表3觀知，各種火山生成過程則可參見圖3。

火山地形，除火山體外，最容易辨認的地形為火口 (crater)，亦即火山口或噴火口，它是地下岩漿、氣體等通過噴溢道 (vent) 噴出地表所形成的噴口，四周為火口壁 (crater wall) 所圍。一般火口的直徑均在1.5公里以下，但也有些火口規模龐大，直徑遠大於高度，則謂之巨火口 (caldera) 世界上著名的巨火口參見表4。

表4 世界著名的巨火口

火 山 名	直徑 (公里)
瓦勒士 (新墨西哥)	29
始良 (日本)	24
安索克乍克 (阿拉斯加)	10.5
克雷特湖 (美奧勒岡州)	9
克拉卡托 (印尼)	6.5
莫瓜威威 (夏威夷)	5.5
卡特邁 (阿拉斯加)	5

火口內若積水成湖即成火口湖 (crater lake)，我國長白山脈白頭山上的天池即為一火口湖。一個火山體上，不一定只有一個火口，因火山可作多次噴發，而噴火口未必相同，因而形成複式火山。如火山之中央火口內再生成有小型火山體，則稱中央火口錐 (central cone)，昔日的火口壁稱為外輪山，以與新成的中央火口錐相對 (圖4)，而火口壁以內的平地，稱火口原 (attrio)，火口原積水則成火口原湖 (attrio lake)，此時中央火口錐可出露於湖面之上成為湖中孤島。火口壁在長期侵蝕後，往往出現缺口，火口原湖的湖水因而外溢，產生火口瀨 (barranco)，火山錐則變為裂口錐 (breached cone)。

另外，在火山山麓山由於側翼噴發 (flank eruption) 所生成的小型火山體，是為寄生火山 (parasitic cone)。例如台北近郊的紗帽

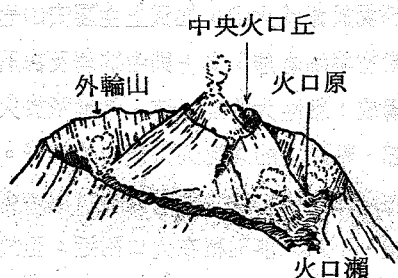


圖4 複式火山各部分名稱

山就是七星山的一個寄生火山，菜公坑山是大屯山的寄生火山。

火山體形成後，高峻聳立，而且火山體的構成物質大多相當疏鬆，故易遭受侵蝕，最終殘餘下昔日噴溢道的岩柱，稱為火山頸 (volcanic neck)，如美國新墨西哥州的船形岩 (Ship-rock)、懷俄明州的魔鬼塔 (Devils Tower) 及法國勒佩地方的聖米高岩 (The Rock of Saint Michael)，都是很好的例子。

在基性熔岩漫流的熔岩原上，也有許多奇特之地形，熔岩流末端常因地面的阻力使熔岩擁高成丘狀，叫做熔岩凸丘 (tumuli, pressure dome)。有時熔岩表層已固結，而下方熔岩仍在流動，則可由裂縫湧出，形成擠壓丘 (squeeze-up)，甚至擠壓脊 (pressure ridge)。熔岩中蒸氣的爆發，亦可使熔岩灰渣拋出，堆成火山碎屑錐 (spatter cone) 或火山渣丘 (scoriae mound)。

四、結語—本省火山的簡介

講述地球上的自然現象時，最理想的教學方法是率領學生到實地作野外觀察，火山的教學亦不例外。本省的火山為數不少，實地考察常可獲致很多教材上的資料。關於本省的火山，主要分為三大群，即北部的大屯火山群，東北端的基隆火山群和台灣海峽中的澎湖火山群。此外，台灣島周的彭佳、棉花、花瓶、龜山、綠島、蘭嶼等島嶼，以及大溪的草嶺山，鶯歌的尖山，恒春的小尖山等，也都是小型的火山體。其中，大屯火

山群的七星、大屯、面天、小觀音山、竹子、觀音等火山都屬於錐狀火山，地質上主屬安山岩，其基部通常有集塊岩層，其上則由熔岩及碎屑物的累層所構成；粘性大的熔岩流，常堆積於火山體的頂上部，粘性小的才流到山麓形成裙野。碎屑物的分布則相反，粘度大的因爆發噴出才會拋至遠方山麓，不然只能堆積在火口附近。至於同屬大屯火山群內的紗帽山和菜公坑山的頂上部則為粘度大的熔岩形成之鐘狀火山。其次，基隆火山群的大部分山頭，主係侵入岩體因上覆地層被侵蝕後出露地表而成，地質上多係石英安山岩。澎湖火山群和上述兩個火山群情況又不一樣，澎湖群島六十四個島嶼中，除花嶼外，其餘六十三個均為玄武岩火山體，合組成澎湖火山群。由於玄武岩本為基性熔岩流，流動性小，故原係一片玄武岩方山，經切割而成今日面貌。其餘的虎依照火山活動的狀況，把正在活動的火山稱為活火山（active volcano），有噴火記錄而現在休息中的稱為休火山（dormant volcano）。

cano），有史以來沒活動過的稱為死火山（extinct volcano），據此，本省的火山皆屬於死火山。不過，誰也不能保證這種分類中的死火山，永不再噴發！（待續）

參考文獻

- 1 石再添（1965 - 66）：「在火山帶上談論火山」，師大校友月刊，第29期—32期。
- 2 石再添（1973）：地形學，中山自然科學大辭典第六冊「地球科學」，第五章，第235—238頁。
- 3 Press, F. & R. Siever (1974) : Earth, W. H. Freeman and Co., San Francisco, pp. 551—598。
- 4 橫山泉（1977）：地震と火山，日本東京東海大學出版會，pp. 71—159。
- 5 石再添等（1979）：火山和地震，台北幼獅書局（待出版）。

（上接 50 頁）

時，他要學生觀察的，主要的是什麼？

(A) 用力的大小。

(B) 用力的方式。

(C) 用力的方向。

※(D) 用力的效果。

例1的答案，顯然是(D)，因為課本上這一示範的重點即在令學生經由觀察力的作用效果，歸納出力有使物體發生形變或（和）運動狀態改變的作用。

例2 為要觀察力與物體形變效果的關係，我們應該觀察那些項目？

I 物體未受力前的大小、形狀。

II 物體受力後的大小、形狀。

III 力的大小。

(A) 僅須 I、II (B) 僅須 II、III (C) 僅須 I、

II ※(D) I、II、III 均要。

例2的答案為(D)，本題在評量學生能否列舉應有的觀察項目。

——待續——